

I-43

異なる弾性係数を有する集成木材ばりの曲げ剛性

秋田高専 正 員 堀江 保
 秋田大学 正 員 薄木 征三
 東北大学 正 員 倉西 茂

1. はじめに

集成材とは、木材をひき板にし積層接着したもので、これを構造用主部材として用いる大断面集成材ではJAS（農林規格）によりひき板ごとにグレーディングマシンを用い弾性係数Eを測定し積層順を決めることとしている。すなわち、曲げが支配的な部材では断面の外層に弾性係数の大きい板を配置した方が部材全体の曲げ剛性は大きくなる。実際に集成材を曲げ部材として用いる場合、使用するひき板の弾性係数の違いがそのはりの曲げ剛性にどのような影響を与えるかを調べることは、材料の力学的性質が異なる木材を橋梁等に使用する際の設計資料として重要な意味を持つものと考えられる。さらに、検討結果しだいでは、弾性係数の小さいひき板も場合により使用できる可能性も考えられる。

本報告では、断面の高さ方向に異なる弾性係数をもつ曲げ部材の曲げ剛性を評価できる理論を展開する手始めとして、断面内で4種類の弾性係数を有する部材の曲げ剛性を評価する方法を示し、それを基に実際の集成材ばりの曲げ実験より求めた実測たわみと比較してみた。

2. 理論式

ここでは、矩形断面を対象に図-1（a）に示すように断面の上下部分を各々外層および内層に分割し、それぞれ弾性係数が異なるものとした。このはりが曲げを受けたとき平面保持が成り立つものとし（b）図の様にひずみは断面内で直線分布とし、次式のように置いた。

$$\varepsilon = a_1 (z - \zeta) \quad (1)$$

ここで、 a_1 は曲率、 ζ は図心と中立軸の間の距離を表す。弾性係数が断面の高さ方向に変化するので応力分布は（c）図のようになり（1）式より次式となる。

$$\sigma_i = \varepsilon E_i = a_1 (z - \zeta) E_i \quad (2)$$

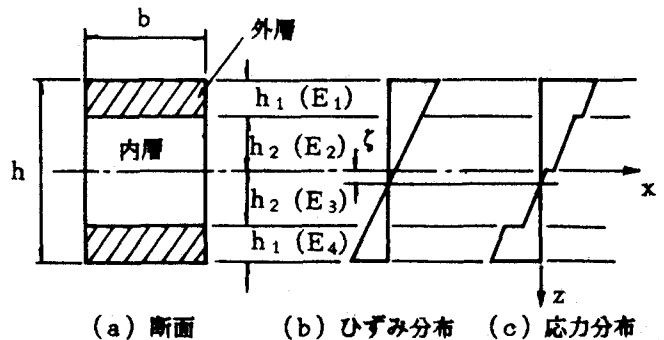


図-1 対象とした積層断面

（2）式の応力を軸力の定義式に代入すると次式となる。

$$N = \int \sigma_i dA = ba_1 \left(\int_{-(h_1+h_2)}^{-h_2} E_1 (z-\zeta) dz + \int_{-h_2}^0 E_2 (z-\zeta) dz + \int_0^{h_2} E_3 (z-\zeta) dz + \int_{h_2}^{(h_1+h_2)} E_4 (z-\zeta) dz \right) \quad (3)$$

軸力 $N = 0$ の条件より（3）式を用いて ζ は次式のように表される。

$$\zeta = \frac{h_1 \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) (-E_1 + E_4) + \frac{h_2^2}{2} (-E_2 + E_3)}{E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_2 + E_4 h_1} \quad (4)$$

また、図-1（c）の断面内の応力分布よりモーメント M は次式となる。

$$M = \int \sigma z dz = ba_1 \left(\int_{-(h_1+h_2)}^{-h_2} E_1 (z^2 - \zeta z) dz + \int_{-h_2}^0 E_2 (z^2 - \zeta z) dz + \int_0^{h_2} E_3 (z^2 - \zeta z) dz + \int_{h_2}^{(h_1+h_2)} E_4 (z^2 - \zeta z) dz \right) \quad (5)$$

(5) 式の積分を実行し曲率とモーメントの関係 $a_1 = M / E_T I$ を用いると等質材料の E の代わりに次式の E_T が求められる。

$$E_T = \frac{12}{h^3} \left(\frac{1}{3} h_1 (h_1^2 + 3h_1 h_2 + 3h_2^2) (E_1 + E_4) + \frac{1}{3} h_2^3 (E_2 + E_3) - \frac{\left\{ h_1 \left(\frac{h_1}{2} + h_2 \right) (-E_1 + E_4) + \frac{h_2^2}{2} (-E_2 + E_3) \right\}^2}{E_1 h_1 + E_2 h_2 + E_3 h_2 + E_4 h_1} \right) \quad (6)$$

3. 実験値との比較

本理論を確かめるため、集成材ばりの载荷実験より得られたたわみ実測値と(6)式より計算される E_T を用いた理論たわみを比較してみた。はりの载荷実験は、図-2に示すようにはりの両側面に鋼板を介し力が伝達するようにして行った。断面の各層ごとの弾性係数は、この集成材ばりを幅方向に2等分、高さ方向に4等分、合計8本の部材に切断し各部材ごとに曲げ試験を行い求めた。各部材の弾性係数は表-1のようになり、幅方向の2部材の E の平均値を各層ごとの弾性係数とした。高さ方向に断面を4等分しているので(6)式において $h_1 = h_2 = h/4$ と置いた次式を用いて E_T を求めた。

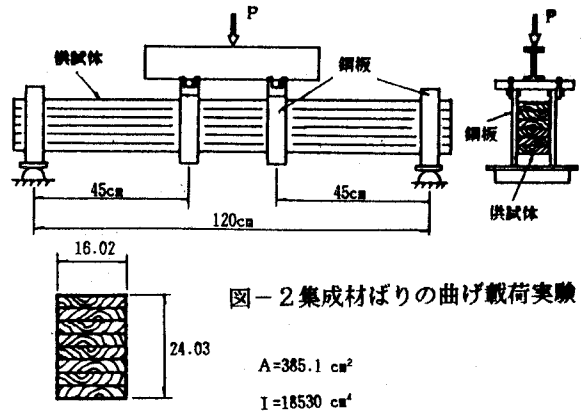


図-2 集成材ばりの曲げ载荷実験

表-1 断面各層の弾性係数 (kgf/cm²)

$$E_T = \frac{1}{16} \left(7(E_1 + E_4) + (E_2 + E_3) - \frac{3(3E_1 + E_2 - E_3 - 3E_4)^2}{4(E_1 + E_2 + E_3 + E_4)} \right) \quad (7)$$

表-1の $E_1 \sim E_4$ を上式に代入すると $E_T = 81000 \text{ kgf/cm}^2$ となった。図-2に示すはりの実測値と理論値を比較すると表-2のようになる。表に示した値は荷重 $P = 1.0 \text{ t}$ の時のものである。たわみはせん断変形を考慮したものを¹⁾理論値1は(7)式の E_T と $E_T / G = 1.0$ と仮定し求めた G を用いたもの、理論値2は集成材ばりの実験においてひずみ分布より求めた E 、 G を用いたもの¹⁾で差は理論値と実測値の差を理論値に対する百分率で表した。本報告では、断面を高さ方向に4分割した場合の弾性係数 E_T を求めたが同様にしてひき板ごとに分割、あるいは外層、内層の他に中間層を含めた E_T の算定も可能になると思われ、それにより集成材ばり全体の曲げ剛性の検討が行える。さらに、今回は曲げ剛性に注目し、せん断弾性係数 G は E_T との比を仮定して求めたがせん断変形を考慮した理論も検討中である。

表-2 理論値と実測値の比較

実測値	理論値1	差	理論値2	差
0.298mm	0.306mm	2.6%	0.356mm	16%